

Biomedical implant production equipment - uses computer tomographic image to generate implant profile for component mfr.

Patent Number: DE3933459

Publication date: 1991-04-18

Inventor(s): REUMANN KARSTEN DIPL ING (DE)

Applicant(s): REUMANN KARSTEN DIPL ING (DE)

Requested Patent: DE3933459

Application Number: DE19893933459 19891006

Priority Number(s): DE19893933459 19891006

IPC Classification: A61F2/00; A61F2/28

EC Classification: A61F2/28, B23Q3/10D, G09B23/28R, A61F2/30M2

Equivalents:

Abstract

A computer controlled reconstruction process for biomedical objects, e.g. computer tomography, is used to determine and produce implants. The implant is determined on the basis of a number of linked elements (1). The complete process is based upon five different steps.

The primary data are provided by a computer tomographic image and a computer is used to post process the data into a form usable by a machine tool. Typically, a laser cutter or milling machine is used for mfr.

USE/ADVANTAGE - Extensively fragmented fractures. Tumour resection. Allows 3-d implantation by robot.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift

⑯ DE 39 33 459 A 1

⑯ Aktenzeichen: P 39 33 459.7
⑯ Anmeldetag: 6. 10. 89
⑯ Offenlegungstag: 18. 4. 91

⑯ Int. Cl. 5:

A 61 F 2/00

A 61 F 2/28
// B23K 26/00,
B23C 3/00,
G09B 23/28

DE 39 33 459 A 1

⑯ Anmelder:

Reumann, Karsten, Dipl.-Ing., 3057 Neustadt, DE

⑯ Erfinder:

gleich Anmelder

⑯ Vorrichtung und Verfahren zum individuellen Implantataufbau aus biokompatiblen Bausteinen

Es werden große biokompatible, individuell angepaßte Implantate gefertigt. Sie werden beispielsweise bei ausgedehnten Trümmerfrakturen oder bei Ersatz nach Resektion von Tumoren verwendet. Die Implantate werden aus vielen kleinen, in sich festen Bausteinen nach dem Legoprinzip aufgebaut. In der Verwendung vieler kleiner Bausteine liegt der Vorteil gegenüber bisher versuchten Verfahren. Das Gesamtverfahren besteht aus fünf Komponenten: Erste Komponente ist die rechnergestützte Datengewinnung durch Computertomographie. Zweite Komponente ist die rechnergestützte Konturdetektion zwischen Knochen und Weichteilen. Dritte Komponente ist die rechnergestützte Scheibenmodellierung, bei der eine Scheibe einer CT-Schicht entspricht. Vierte Komponente ist die rechnergestützte Fertigung von legoähnlichen Bausteinen aus biokompatiblem Material sowie der Konturschnitt pro Scheibe mit einer NC-Maschine. Fünfte Komponente ist der rechnergestützte Aufbau der Scheiben aus Bausteinen sowie der Scheiben zu einem dreidimensionalen Implantat durch einen Roboter.

DE 39 33 459 A 1

Beschreibung

Die rechnergestützte Rekonstruktion biomedizinischer Objekte auf der Basis bildgebender Verfahren der Medizin (insbesondere Computer-Tomographie, CT) ist derzeit noch Gegenstand der Forschung und steht nur teilweise auch bereits kommerziell zur Verfügung. Ziel der Rekonstruktion sind vor der Operation eines Patienten bereits gefertigte, individuell angepaßte Implantate als Ersatzte sowie auch individuell gefertigte Modelle zur Operationsplanung. Damit sind dann bessere Paßformen und kürzere Operationszeiten möglich, offensichtliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren, bei denen individuelle Implantate nicht zur Verfügung stehen, sondern nur grob vorgefertigte oder welche mit Standardmaßen. Die Verwendung des im Rahmen dieser Erfindung gemeinten biokompatiblen Materials soll bewirken, daß der Originalknochen mit der Zeit in das biokompatible Implantat hineinwachsen kann. Im Hinblick auf dieses Ziel ergeben sich ganz neue Aspekte, so daß die Kombination der bekannten Verfahren mit diesen Neuerungen zu der hier verfaßten Erfindung führt.

Bei der rechnergestützten Herstellung werden die Objekte aus gestapelten Scheiben gefertigt, deren Umriss den Objektkonturen im Computer-Tomogramm entsprechen. Aus den Grauwertmatrizen der CT-Bilder gewinnt man rechnergestützt durch Kantendetektion die Koordinaten von Konturlinien, die den Übergang von Knochenmaterial zu Weichteilen repräsentieren. Mit einem Graphikeditor werden die Koordinaten im Bedarfsfall ergänzt bzw. geändert, wo beispielsweise osäre Defekte infolge Trümmerfraktur die ursprüngliche Knochenform verändert haben. Diese Koordinaten werden zur rechnergestützten Ansteuerung von Werkzeug-(NC-)Maschinen verwendet. Vorzugsweise dient hierzu eine Laserschneidemaschine (Scheibenmodellierung). In einem anderen Verfahren dienen die Objektkonturen als Stützdaten für Flächen, denen dann Verfahrwege für Fräsmaschinen abgeleitet werden (Oberflächenmodellierung).

Jüngste Erfahrungen zeigen, daß noch kein biokompatibles Material zur Verfügung steht, das sich problemlos nach dem Verfahren der Oberflächenmodellierung herstellen bzw. nach der Herstellung bearbeiten läßt: Große Blöcke gesinterten Hydroxylapatits beispielsweise sind fast immer im Innern rissig, so daß der Rohling während der Bearbeitung auseinanderbricht.

Kleinere Blöcke sind dagegen in hinreichender Qualität herstellbar. Sie sind genügend homogen und fest.

Hier setzt die Erfindung ein: Sie verwirft den Ansatz, ein Objekt aus einem Block fertigen zu wollen. Statt dessen werden Bausteine verwendet, die wie ein Mauerwerk zu einem Gesamtobjekt aufgebaut werden. Ein erstes Ziel ist es, eine Rohling wie bisher — jetzt aber aus kleinen Bausteinen und daher in sich fest und nicht rissig — zu erhalten, der wie bislang der Nachbearbeitung zugeführt wird, beispielsweise der spanenden Abtragung, so daß aus dem Rohling ein originalgetreues Implantat entsteht. Das zweite und mit dieser Erfindung insbesondere verfolgte Ziel ist es, die einzelnen Baustein gleich so zu fertigen, daß die spätere Nachbearbeitung entfällt. Es wird daher das Prinzip der Scheibenmodellierung verwendet, und die Scheiben werden in sich noch in Bausteine unterteilt, die dann zu einem Gesamtobjekt aufgebaut werden. Der Hauptvorteil des Aufbaus eines biokompatiblen Implantats aus Bausteinen liegt darin, daß auf diese Weise große Objekte ohne innere Risse hergestellt werden können. Es ist dann un-

erlässlich — und für die Erfindung kennzeichnend — daß der Verband erstens räumlich originalgetreu (d. h. ohne Koordinatenverschiebung der Scheiben zueinander) und zweitens bleibend stabil aufgebaut wird.

In der Grundidee der Erfindung lassen sich beide Forderungen unter Zuhilfenahme des Legoprinzips erreichen. Auch Techniken, wie Nut-Feder oder Noppen-Gegennoppen sind Hilfstechniken, damit sich die Scheiben nicht gegeneinander verschieben: Auf der einen Seite einer Scheibe sind parallel verlaufende Federn vorzusehen und auf der anderen Seite die entsprechenden Nuten. Befindet sich die Scheibe in einem kartesischen x, y-Koordinatensystem, dann lassen sich zwei Scheiben, deren Nuten und Federn ineinandergreifen in eine Richtung (beispielsweise x-Richtung) nicht mehr gegeneinander verschieben. Damit die Verschiebung auch in y-Richtung verhindert wird, sind Nuten und entsprechende Federn auch senkrecht zur bereits genannten Federschar vorzusehen. Die Federn degenerieren dann zu viereckigen Noppen (1) (Bild 1).

Die so verwendete Technik verhindert ein Verschieben der Scheiben in x- und y-Richtung nach ihrem Zusammenbau. Bei ihrem Zusammenbau wird folgendermaßen, die Erfindung mit kennzeichnend verfahren:

Der Rand eines CT-Bildes mit einer beispielsweise 512 x 512 Grauwertmatrix bildet die Grenzen des lokalen, u, v-Koordinatensystems. Damit sich die lokalen u, v, der Bildserie nicht im globalen Koordinatensystem x, y, z verschieben, brauchen die Ränder nur zur Deckung gebracht zu werden. Dies gilt dann auch für die entsprechenden CT-Bildern gefertigten Scheiben. Nach dem Schneiden der Kontur (14) liegt dann pro CT-Schicht eine Modellscheibe (2) und eine Rahmenscheibe (3) vor (Bild 2).

Die Modellscheiben lassen sich ohne weiteres ohne Verschiebung aufbauen, da ihnen ein für das menschliche Auge erkennbares Bezugssystem fehlt. Anders ist dies bei den Rahmenscheiben: Ihre Ränder müssen nur, wie erwähnt, zur Deckung gebracht werden, was hinsichtlich der Handhabbarkeit trivial durchführbar ist.

Der Gesamtaufbau erfolgt dann nach Bild 3 folgendermaßen: Zunächst wird eine aus Bausteinen (13) bestehende Rahmenscheibe r_1 (4) mit ihren Nuten auf die Federn einer Grundplatte (5) gedrückt und die entsprechende Modellscheibe m_1 eingepaßt. Dann wird die Rahmenscheibe r_2 (6) mit ihrem Rand bündig auf die Rahmenscheibe r_1 aufgestapelt und darin wieder die entsprechende Modellscheibe m_2 eingepaßt. Für die übrigen Scheiben r_i , m_i bis r_n (7), m_n (8) wird entsprechend verfahren. Dann ist gewährleistet, daß die aus Bausteinen (13) bestehenden Modellscheiben weder in x- noch in y-Richtung verschoben sind. Bild 3 soll nun das Prinzip darstellen. Eine feinere Unterteilung der Scheiben in Bausteine sowie deren Noppen ist in praxi die Regel.

Nach dem Entfernen der Rahmenscheiben bleibt das originalgetreue Modell stehen. Die Rahmenscheiben lassen sich beispielsweise durch einen Schmelzvorgang entfernen, wenn die Materialien der Modell- und Rahmenscheiben verschiedene Schmelzpunkte haben. Zwecks späterer Trennbarkeit müssen die Scheiben zweimal gefertigt werden: Erstens aus biokompatiblen Material für die Modellscheibe und zweitens aus entfernbarem (beispielsweise schmelzbarem) Material für die Rahmenscheibe.

Nach dem zuvor Gesagten entstehen Implantate nach der Scheibenmodellierung, die an sich bekannt ist /1/. Neu ist die Verwendung des Nut/Feder-Prinzips, das

zusammen mit entfernbaren Rahmenscheiben als Hilfstechnik zur Koordinatenkonsistenz verwendet wird. Neben diesen voraussetzenden Hilfstechniken ist der Kern der Erfahrung die Unterteilung der Scheiben in Bausteine. Beispielsweise wird eine viereckige Scheibe von $100 \times 100 \times 3$ mm unterteilt in 100 Stück $10 \times 10 \times 3$ mm große Bausteine. Erst auf der Basis dieser Idee wird ein Verfahren möglich, da den Aufbau großer Implantate aus derzeit verfügbarem biokompatiblen Material ermöglicht. Denn kleine Bausteine aus diesem Material sind hinreichend fest, groß dagegen nicht.

Überraschenderweise ergibt sich ein weiterer Vorteil: Wenn man Bausteine teilweise hohl fertigt, ergibt sich die Möglichkeit der Anpassung des spezifischen Gewichts vom biokompatiblen (Ersatz-) Material zum (Original-) Knochenmaterial. Ein möglichst originalgetreuer Ersatz ist das erstrebte Ziel. Dies gilt für die Geometrie und ebenso für das Material, weshalb auch die Anpassung des spezifischen Gewichts – bei Sturimplantaten beispielsweise – mit von ausschlaggebender Bedeutung ist. Das biokompatible Hydroxylapatit hat beispielsweise ein höheres spezifisches Gewicht als Knochensubstanz. Die Bausteine können beispielsweise dadurch mit Hohlräumen (9) gefertigt werden, daß man tiefere Nuten vorsieht, als die entsprechenden Federn ausfüllen (Bild 4).

Die Verwendung des Nut-/Feder-Prinzips hat die willkommene Nebenwirkung, daß die Scheiben damit sehr einfach für den Schneidvorgang fixiert und nach dem Schneidvorgang wieder leicht abgenommen werden können, was bisher gerade bei sehr dünnen Scheiben unbefriedigend gelöst gewesen ist, weshalb man auf die Verwendung dicker Scheiben angewiesen gewesen ist. Sehr dünne Scheiben sind aber für glattere Oberflächen erwünscht und werden durch geringes Schichtinkrement bei der CT-Aufnahme oder durch nachgeschaltete Zwischenschichtinterpolation gewonnen.

Die einzelnen Bausteine (13) werden zu CT-Schichten entsprechenden Scheiben (10) mit ihren Nuten auf die Federn einer Halteplatte (11) gedrückt, so daß sie für den Schneidvorgang fixiert sind. Die Halteplatte selbst wird von den Pratzen (12) des Verfahrtisches einer Laserschneidmaschine festgehalten (Bild 5). Es wird mit solcher Energie und Fokussierung gefahren, daß die Knochenkonturen innerhalb der Scheiben geschnitten, die Halteplatte aber verschont (oder nur leicht angezirzt) wird. Sie darf nicht durchschnitten werden, da sonst ihre Haltefunktion verloren wäre. Die Haltefunktion ist nötig, da die Scheiben sonst unkontrolliert vom Verfahrtisch fallen oder kleine Strukturen bei der Verwendung einer Absaugvorrichtung weggesogen werden.

Von Scheibe zu Scheibe versetzte Bausteine können die Stabilität beim späteren Aufbau des 3D-Modells bzw. Implantats erhöhen. Nach dem Schneiden werden die aus Bausteinen bestehenden Scheiben wie oben besprochen gestapelt. Die Stabilität kann in vielen Fällen bereits hinreichen, wenn nur Modelle zur Veranschaulichung oder Operationsplanung nötig sind. Bei Implantaten wird eine noch höhere Stabilität verlangt, was durch eine zusätzliche Verklebung erfolgt. Die zusätzliche Verklebung bewirkt dann eine Haltbarkeit, die die homogenen Materialien sogar übertreffen kann. (Dieser Effekt ist ja beispielsweise von Leimholzplatten her bekannt) Die Bauteile sind durch ihre Nuten und Federn fest aneinandergepreßt, so daß keine andere, den weiteren zügigen Aufbau des Implantats verzögern kann.

richtung zur Fixierung der Bauteile während des Abbindens des Klebers vorgesehen werden muß. Hierin liegt ein weiterer Vorteil des Aufbaus nach dem Nut/Federn-Prinzip.

Überraschend ergibt sich nach den vorangehenden Betrachtungen noch ein weiterer Aspekt:

Wurde bislang von künstlichem biokompatiblen Material ausgegangen, so lassen sich die angestellten Betrachtungen mit Vorteil auch auf natürliches Material übertragen. Nämlich immer dann, wenn nicht genügend große Rohlinge aus einem Stück zur Verfügung stehen.

Der Aufbau und die Stabilisierung von 3D-Scheibenmodellen ist mit dem dargelegten Verfahren sowie mit der beschriebenen Anordnung gelöst.

Es wurde allerdings davon ausgegangen, daß der Aufbau manuell erfolgt. Darin liegt der Engpaß des Gesamtverfahrens, das mit seinen Teilkomponenten, nämlich erstens CT, zweitens Konturdetektion, drittens 3D-Scheibenmodellierung, viertens Fertigung aus Bausteinen jeweils rechnergestützt und vollautomatisch erfolgt. Im fünften und letzten Schritt wird die Verfahrenskette durch den Einsatz eines Roboters zu einem integrierten Gesamtsystem geschlossen, in dem keine manuelle Tätigkeit mehr nötig ist. Da das Koordinatensystem rechnerintern bekannt und konsistent ist, benötigt man beim Aufbau mit einem rechnergesteuerten Roboter im Prinzip auch keine Rahmenscheiben. Sie können (und für den Allgemeinfall müssen sie) aber auch hier beim Aufbau sozusagen als Stützmauer dienen. Die Nuten/Federn der Bausteine, die ursprünglich nur als Fixierungsmöglichkeit der Bausteine untereinander gedacht sind, dienen jetzt auch als Angriffskörper für die Robotergriffe.

Patentansprüche

1. Anordnung zum individuellen Implantataufbau aus biokompatiblen Bausteinen, d. h. Fertigung von Ersatzteilen insbesondere von Knochenteilen, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung folgende Bestandteile umfaßt:

- einen Bildgeber zur Erzeugung der das Organ repräsentierenden Primärdaten,
- einen Wandler zur Überführung der Primärdaten in Verfahrtswegdaten von Werkzeugmaschinen,
- eine Werkzeug-(NC-)Maschine, die Teilstücke des Implantats fertigt,
- einen Mechanismus zur Zusammenfügung der Teilstücke zu einem Implantat.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildgeber ein Computer-Tomographie-(CT-)Gerät ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler ein Computer ist, auf dem ein Programmsystem läuft, das entsprechend den im folgenden genannten Ansprüchen spezifische Daten generiert.

4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die NC-Maschine eine Laserschneidmaschine ist.

5. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die NC-Maschine eine Fräsmaschine ist.

6. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Implantataufbau aus NC-geschnittenen Teilstücken erfolgt, die Legobausteinen ähneln, so daß sie sich wie Legomodelle auf-

bauen lassen.

7. Anordnung nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler Daten aus dem CT generiert, die den Übergang der Knochen zum Weichteilgewebe, d. h. Konturlinien, generiert. 5

8. Anordnung nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler die Konturlinien rechnerisch in die Tiefe zieht, so daß Scheiben entstehen. 10

9. Anordnung nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler die Scheiben in Teilstücke unterteilt, die hinreichend klein sind, daß sie noch aus biokompatiblen Material gewonnen werden können. 15

10. Anordnung nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler solche Verfahrenswege generiert, daß die Teilstücke Nuten und Federn an der Ober- bzw. Unterseite erhalten, so daß die Teilstücke später wie Kletten aneinandergesetzt werden können. 20

11. Anordnung nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorschrift zum Implantataufbau Modell- und Rahmenscheiben vorsieht. Die Rahmenscheiben dienen als Schablonen, so daß ein exakter Aufbau erzwungen wird. Der Aufbau kann dann manuell und von wenig geschultem Personal erfolgen. 25

12. Anordnung nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß für den Implantataufbau ein Roboter hinzugezogen wird, der durch die rechnerintern vorhandenen Daten so gesteuert wird, daß die Teilstücke exakt in x,y,z-Position aufgebaut werden. 30

13. Verfahren zum individuellen Implantataufbau aus biokompatiblen Bausteinen, d. h. Fertigung von Ersatzteilen insbesondere von Knochenteilen, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren folgende Bestandteile umfaßt: 35

- a) einen Bildgeber zur Erzeugung der das Organ repräsentierenden Primärdaten, 40
- b) einen Wandler zur Überführung der Primärdaten in Verfahrwegdaten von Werkzeugmaschinen,
- c) eine Werkzeugmaschine, die Teilstücke des Implantats fertigt, 45
- d) einen Mechanismus zur Zusammenfügung der Teilstücke zu einem Implantat.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildgeber ein Tomographie-Gerät ist. 50

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler ein Computer ist, auf dem ein Programmsystem läuft, das entsprechend den im folgenden genannten Ansprüchen spezifische Daten generiert. 55

16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die NC-Maschine eine Laserschneidemaschine ist. 60

17. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Implantataufbau aus NC-geschnittenen Teilstücken erfolgt, die Legobausteinen ähneln, so daß sie sich wie Legomodelle aufbauen lassen. 65

18. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß als bildgebendes Verfahren jedes in Frage kommt, aus dem sich koplanare Konturlinien ableiten lassen.

19. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekenn-

zeichnet, daß jede Werkzeugmaschine verwendet werden kann, die der Geometrie der Kontur- und Teilstücke entsprechend verfahren kann.

20. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler Daten aus dem CT generiert, die den Übergang der Knochen zum Weichteilgewebe, d. h. Konturlinien, generiert.

21. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler die Konturlinien rechnerisch in die Tiefe zieht, so daß Scheiben entstehen.

22. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler die Scheiben in Teilstücke unterteilt, die hinreichend klein sind, daß sie noch aus biokompatiblem Material gewonnen werden können.

23. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Implantat aus biokompatiblen Teilstücken aufgebaut wird.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die biokompatiblen Teilstücke in ihrer Geometrie in Anlehnung an das Legoprinzip gefertigt werden.

25. Verfahren nach Anspruch 15 und 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler solche Verfahrenswege generiert, daß die Teilstücke mit Nuten und Federn an der Ober- bzw. Unterseite gefertigt werden, so daß sie sich ähnlich wie Kletten zu einem Gesamtverband aufbauen lassen.

26. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilstücke wie bei einem Mauerwerk versetzt aufgebaut werden, so daß sich durch Überlappung eine erhöhte Stabilität ergibt.

27. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilstücke mit bioverträglichem Kleber zusammengefügt werden, so daß der Gesamtverband eine Stabilität erhält, die homogenem Material aus einem Block nicht nachsteht, sondern in vielen Fällen sogar übertrifft.

28. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Bausteine so gefertigt werden, daß beim Gesamtaufbau gleichmäßig verteilte Hohlräume entstehen mit dem Ziel, das gleiche spezifische Gewicht zu erzielen wie das des zu ersetzenen Knochens.

29. Verfahren nach Anspruch 25 und 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlräume dadurch entstehen, daß die Nuten der Bausteine tiefer ausgeführt werden, als die entsprechenden Federn ausfüllen können.

30. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß beim Aufbau viereckige Scheiben verwendet werden, die ihrer äußeren Berandung nach der CT-Matrix (beispielsweise 512 × 512 Pixeln) entsprechen.

31. Verfahren nach Anspruch 13 und 30, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der viereckigen Scheiben Konturen geschnitten werden, die den Übergang der Knochen zu Weichteilen repräsentieren. Im Inneren entsteht dann die Modellscheibe. Sie ist umgeben von der Rahmenscheibe, die als Schablone beim Modell- bzw. Implantataufbau dient.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Rahmenscheiben verhindern, daß die Modellscheiben verschoben aufgebaut werden, so daß jeder Ungeübte den Aufbau exakt und sicher vornehmen kann.

33. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekenn-

zeichnet, daß der Implantataufbau aus Teilstücken erfolgt, deren Position im Raum dem rechnerinternen Modell bekannt ist, so daß der Rechner diese Position einem Roboter übergeben kann, der die Teilstücke dann zu einem Gesamtverband zusammensetzt. 5

34. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilstücke mit Federn (Noppen) versehen sind, die als Angriffskörper für Greifinger eines Roboters dienen. 10

35. Verfahren nach Anspruch 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler die Daten so interpoliert, daß die äußereren Teilstücke einer Scheibe an ihren Rändern so schräg gefertigt werden, daß eine polyedrische anstelle einer durch die Scheibentechnik verursachte treppenstufige Oberfläche entsteht. 15

36. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtheit der Rahmenscheiben, die auch als stützende Form aufgefaßt werden kann, nach diesem Verwendungszweck thermisch entfernt (geschmolzen) wird. 20

37. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtheit der Rahmenscheiben, die auch als stützende Form aufgefaßt werden kann, nach diesem Verwendungszweck chemisch oder mechanisch entfernt wird. 25

38. Anordnung und Verfahren nach Anspruch 1—37, dadurch gekennzeichnet, daß auf dieselbe Weise auch Modelle zum Zweck der präoperativen Planung und Simulation hergestellt werden können. Hierbei sind dann für Modelle adäquate Materialien verwendbar, wie beispielsweise Holz, Acrylglas. 30

35

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

40

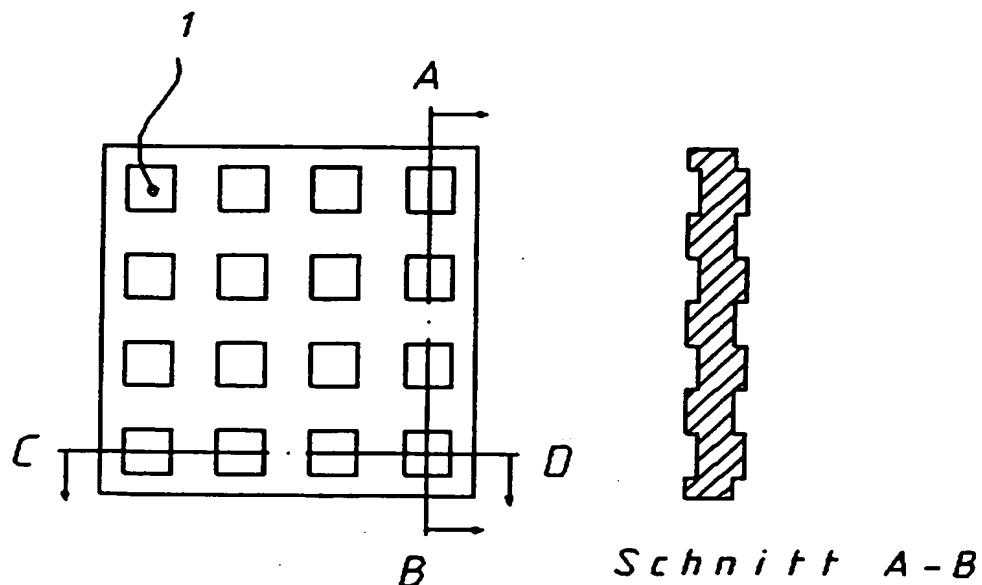
45

50

55

60

65



Schnitt C-D

Bild 1

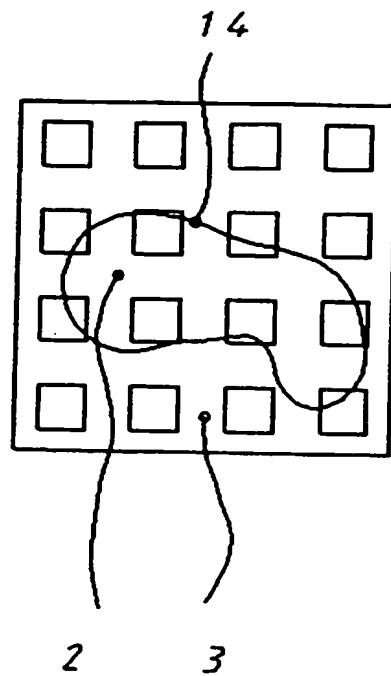


Bild 2

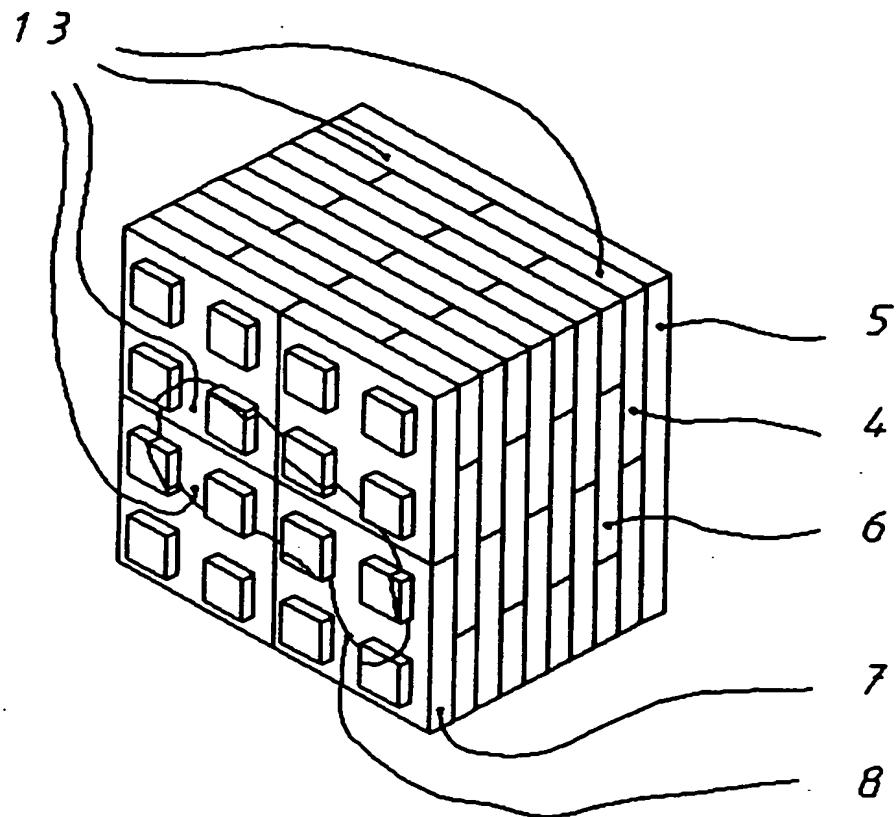
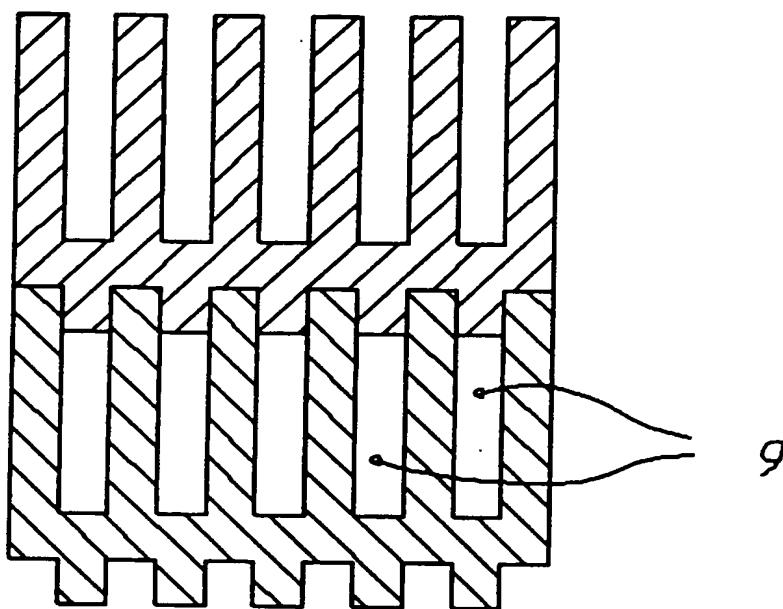


Bild 3



B i l d 4

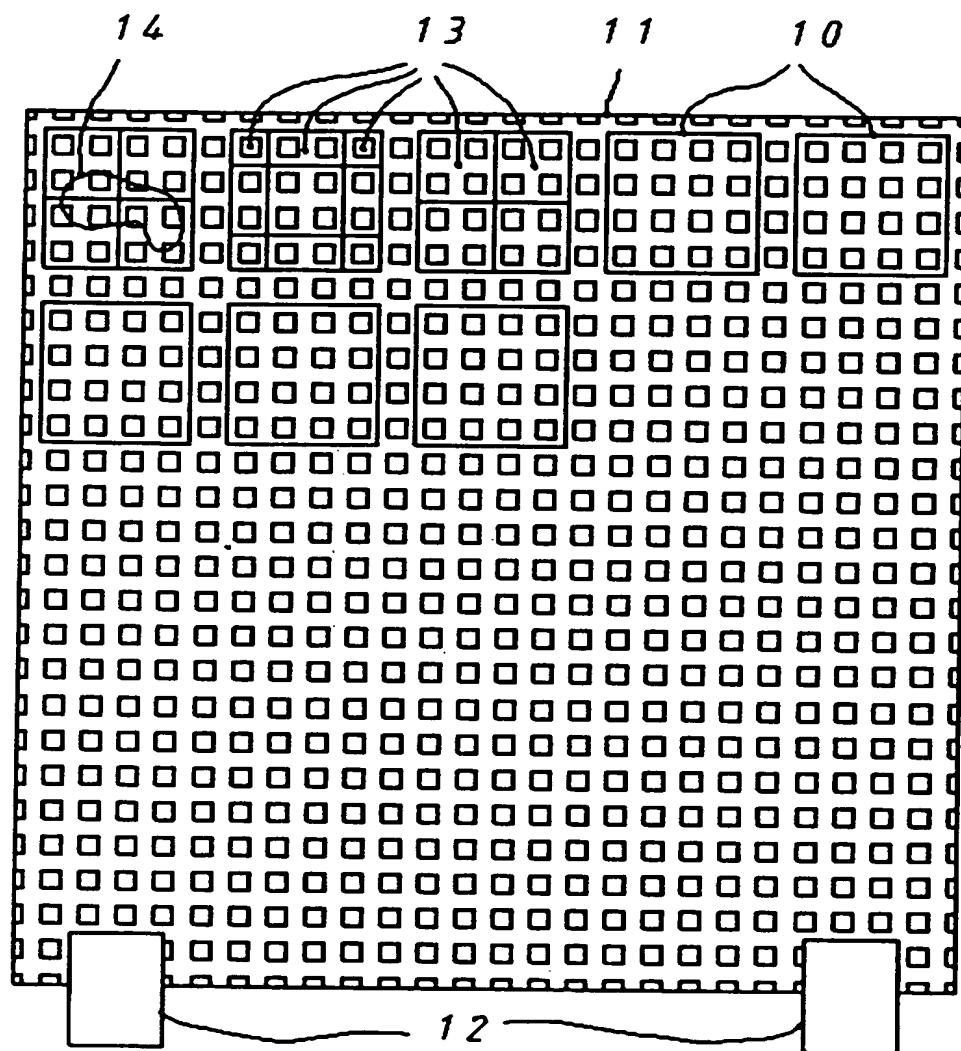


Bild 5